制御システムプラットフォームによる生産性と品質の向上

Control System Platforms for Improved Productivity and Quality

廣瀬　文彦 Fumihiko Hirose　　笹谷　俊幸 Toshiyuki Sasaya　　森　伸一郎 Shinichiro Mori

富士電機は，制御システムの生産性と品質の向上のために，実行系と支援系で構成される制御システムプラットフォーム（PF）の構築に取り組んでいる。実行系ではシステム規模に応じて大規模システム，中小規模制御システムと広域監視システムの三つの PF を提供している。支援系では，削減（Reduce）・再利用（Reuse）・再資源化（Recycle）を徹底して推進する 3R エンジニアリング PF を提供している。これらの制御システム PF の提供を通じて，エネルギー・産業・社会のあらゆる分野で生産性と品質を向上させたいというお客さまの要求に応えている。

In order to improve the productivity and quality of control systems, Fuji Electric is constructing control system platforms (PFs) consisting of an execution system and a support system. For the execution system, three types of PFs (for large systems, medium and small systems, and wide area monitoring systems) are provided to match the size of the system. For the support system, a 3R engineering PF that promotes comprehensive reduction, reuse and recycling is provided. By providing these control system PFs, Fuji Electric is responding to customer requests for improved productivity and quality in all energy, industrial and social application fields.

1　まえがき

企業は経営競争力向上のために，将来的に成長が見込める分野に，投資を集中させてきている。新規ビジネス分野では製品を早期に市場投入し，市場シェアを確保できるかが経営を左右する。制御システムのメーカーとしてはユーザの生産現場で新製品を作るための制御システムへの要求を短納期かつ高品質で実現し提供することが最重要となってきている。

これまでの情報技術と制御技術の進化は，工場の生産設備の自動化を拡大してきている。さらには，制御システムと設備機器をつなぐネットワークの機能や処理速度が向上して，SCM（Supply Chain Management）や MES（Manufacturing Execution System）などの生産管理システムとシームレスに接続していくことで，高い生産性と高品質を実現できる垂直統合型の制御システムが構築できるようになってきた。

富士電機は，プロセス制御からディスクリート制御まで多岐にわたる制御分野で多くの実績を挙げてきている。各制御分野で標準化や効率化を推進するための技術進化を遂げてきた。[(1)(2)]

市場ニーズはさらに多様化や高度化の要求が増している。国際標準化への対応も含め，開発ソフトウェアボリュームが増大してきており，開発の効率化と高品質化は大きな課題である。

図 1 に示すように，課題を解決するためには次の要件を満足する必要がある。

(a)　エンジニアリングノウハウが共有できる。

(b)　フィールドからコンピュータまでの垂直統合支援ができる。

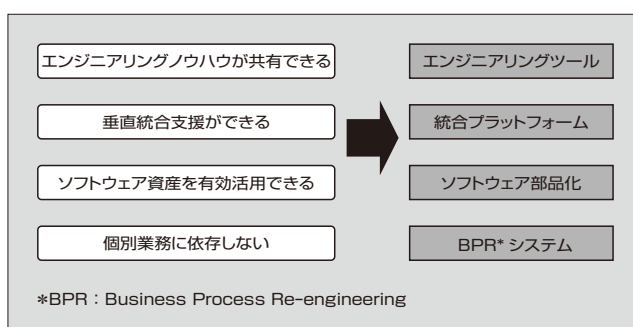
(c)　ソフトウェア資産を有効活用できる。

(d)　個別業務に依存しない。

このためには，業種や分野や機種によらずに統合的に開発する必要がある。結果的に開発期間の長期化や属人的な開発による技術の停滞や効率低下の問題を改善することができる。完成している品質の高い部品を使い，かつ分野・業種・機種に依存せずに流通を促進する仕組みが重要である。それを実現する手段が，技術基盤を統一するための実行系のプラットフォーム（PF：Platform）と支援系の PF である。

業務フローを支援する BPR（Business Process Re-engineering）システムは，世代を超えたエンジニアたちが利用できる。フィールドからコンピュータまでの垂直統合システムへもシームレスに対応できて，ビジネスパートナーにも容易に使える。近い将来懸念されるエンジニアの不足を解決し，開発の効率化と高信頼性を実現していける。

富士電機では制御システムの統一を目指して実行系の PF と支援系の PF で構成される制御システム PF の強化に取り組んでいる。

図 1　生産性と品質向上のための要件と機能構成

2　制御システムプラットフォームの取組み

制御システム PF は**図 2** に示す実行系 PF と支援系 PF で構成される。

実行系 PF は，使用目的に応じて大規模制御，中小規模制御と広域監視の PF を提供している。大規模制御 PF には，中大規模のプロセス制御向けのシステム PF である情報制御システム「MICREX–NX[(1)]」などがある。中小規模制御 PF は，HMI（Human Machine Interface）にパソコンを，そしてコントローラに PLC（Programable Logic Controller）を採用した中小規模向けの制御システムである。広域分散システムは，主に，電鉄，道路，空港，電力などの広域に分散設置されたシステムを遠隔で監視するためのシステムである。

支援系 PF は，前述の実行系 PF を共通にエンジニリングするものであり，削減（Reduce）・再利用（Reuse）・再資源化（Recycle）を推進する 3R エンジニアリング PF である。今後の実行系を構成するハードウェアの進化に伴って，制御システムで実行している機能を電子機器などの組込み系へ実装していくことが拡大し，ソフトウェア資産の流用が進んでいくことも視野に入れて，ソフトウェア開発の究極の効率化を目指している。

3　制御システムプラットフォームの実行系

3.1　大規模制御システムプラットフォーム

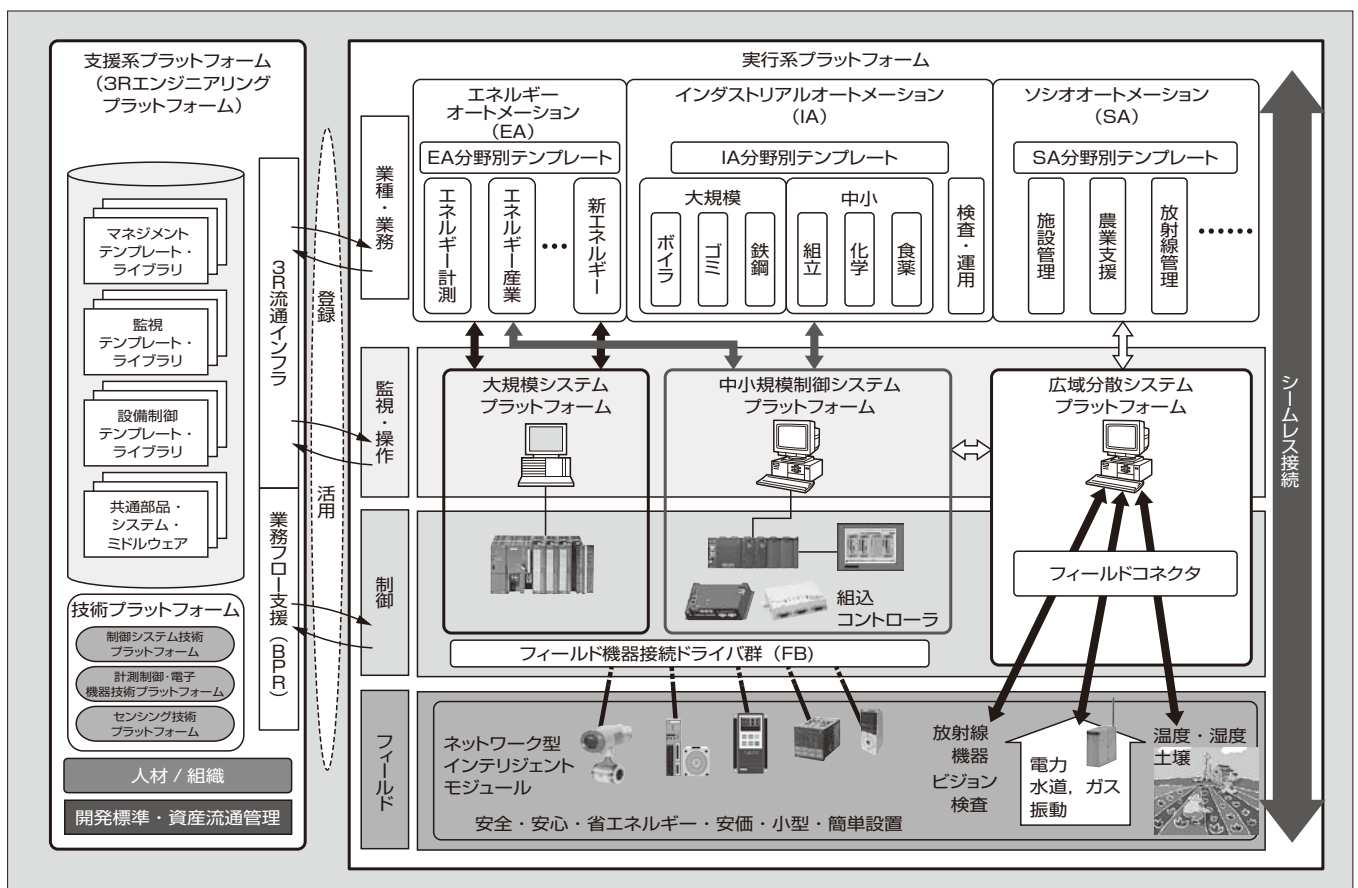
大規模制御システム PF は，垂直水平統合を実現する中大規模のプロセス制御分野からディスクリート制御分野までを高度でかつ高速に制御できる制御システム PF である。なお，MICREX–NX は，この PF をベースに提供しているシステムである。

3.2　中小規模制御システムプラットフォーム

従来，中小規模制御システムは Windows[〈注 1〉] をベースとしたパソコンと PLC で構成されている。監視系のミドルウェアに SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition System）ソフトウェアが採用されている。パソコンと PLC の高機能化と SCADA ソフトウェアにより，顧客のニーズに対応したシステムを容易に構築できたので，大きな開発投資を必要とせずに市場投入できた。しかし，分野ごとに独自の制御システムを提供することとなり，異なる SCADA ソフトウェアを使用している制御システム間で相互に画面を流用することができずに，各分野が持つソフトウェア資産を流通させられなかった。

今回開発した**図 3** の中小規模制御システム PF は，この

〈注 1〉Windows：米国 Microsoft Corp. の商標または登録商標

図 2　制御システムプラットフォームの構成

ような既存の資産を活用したいという顧客ニーズに対応できるように，各社のSCADAソフトウェアをアドオンできる仕組みを搭載し，既存システムのマイグレーションが容易にできるようにした。

このPFは，各種API（Application Program Interface）を搭載し，容易に分野ごとに準備された機能が結合できる仕組みなので，重複開発の削減と開発効率の改善を実現できる構造となっている。制御システムPFの特徴は以下のとおりである。

(1)　軽快なWebシステムの実現

リッチクライアント型の採用で，Webブラウザを介さない軽快なWeb対応システムが実現できる。

(2)　高価なミドルウェアが搭載不要

ダウンロード配信型クライアントの採用により，高価なミドルウェアを搭載することなく，監視制御システムが実現できる。

(3)　過去のSCADAソフトウェア資源にフレキシブルに対応

iFIX[注2]，CitectSCADA[注3]，InTouch[注4]などのSCADAソフトウェアも搭載することができる構造とすることで，マイグレーションが容易である。

(4)　アドイン機能による開発効率の向上

分野別機能が充実し，アドイン機能を使って容易に分野ごとの機能を拡張することができ，下位コントローラ用のI/Oドライバも容易に実装できる。

3.3　広域分散システムプラットフォーム

電鉄，道路，空港，電力などの広域で分散設置された拠点の監視を必要とする監視システムの実行系として広域分散システムPFがある。このPFの特徴は，大容量データかつ高速データリフレッシュを実現できる。この要件は次のとおりである。

(a)　適用OS（Operating System）：UNIX[注5]，Linux[注6]，Windows

(b)　開発言語対応：C言語，VB[注7]，.net[注8]，Java[注9]

(c)　広域分散に対応：64拠点，64局/拠点

(d)　大規模対応：100,000タグ

〈注2〉iFIX：GEファナック・インテリジェント・プラットフォームス株式会社の商標または登録商標

〈注3〉CitectSCADA：AEG Schneider Automation International社の商標または登録商標

〈注4〉InTouch：英国Invensys Systems, Inc.の商標または登録商標

図3　中小規模制御システムＰＦの実行系の構成

4　制御システムプラットフォームの支援系（3Rエンジニアリング）

制御システムを構築する上で企画，設計，製作，試験を行うエンジニアリングには，高効率化と高品質化が要求されている。富士電機では従来エンジニアリングの全フェーズ（企画，設計，製作，試験，運用）を一貫して支援するシステムにより連続性を保ちつつ，記述型のエンジニアリング方法の水準向上を図り，制御システムの生産性と品質の向上に努力してきた。

今までは扱う機種に依存したソフトウェア設計スキルを必要としたので，世代を超えて誰もが容易にシステムを構築できるわけではなかった。

富士電機では，将来のソフトウェアエンジニアの不足に備え，制御系（DCS制御設計，PLC制御設計）エンジニアリングと情報系（C言語などのソフトウェア開発）エンジニアリングとを融合して，相互に同一環境でエンジニアリングでき，さらにビジネスパートナーも活用できる3Rエンジニアリングの構築に取り組んでいる。

この3Rエンジニアリングは従来のブロックエンジニアリングや記述式エンジニリングとは異なり，モデルとして表現される構造的仕様のガイドラインを提供するソフト

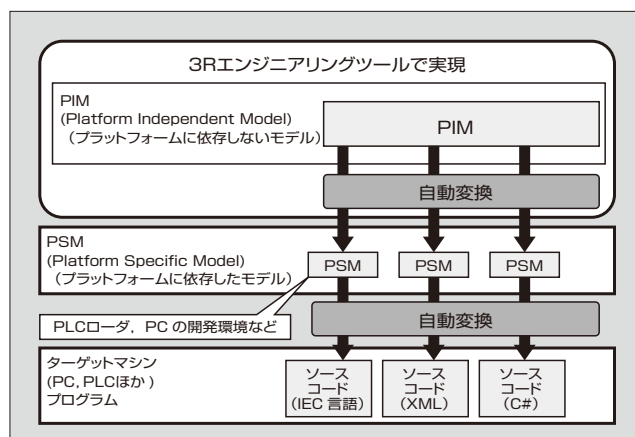
〈注5〉UNIX：The Open Groupの商標または登録商標

〈注6〉Linux：Linus Torvalds氏の商標または登録商標

〈注7〉VB：米国Microsoft Corp.の商標または登録商標

〈注8〉.net：米国Microsoft Corp.の商標または登録商標

〈注9〉Java：米国Sun Microsystems, Inc.の商標または登録商標

図4　モデル駆動型アーキテクチャの考え方

ウェア開発手法である。**図4**のようなモデル駆動型アーキテクチャ（MDA〈注10〉：Model–Driven Architecture）[(3)]を採用することでシームレス環境に対応できるPFとした。これは，次の開発方式に基づいている。

(a)　システム要件定義には理解しやすい表現形式でPF独立モデル（PIM：Platform Independent Model）を用いる。

(b)　PIMは別の汎用プログラミング言語（例えばIEC言語，XML，C#など）に対応したPF特化モデル（PSM：Platform Specific Model）へと変換する。

(c)　PIMとPSMとの変換は通常，モデル変換ツールなどの自動化されたツールを使って行い，このツールが3Rエンジニアリングツールとなる。

4.1　3Rエンジニアリングの機能

従来のエンジニアリングにおいては，UNIX系，監視系，コントローラ系およびセンサ系は，おのおの個別のツールでエンジニアリングし保守している。3RエンジニアリングPFは**図5**のように共通のツールの上で共通のGUIからシステムが構築できる先進的なシステムである。

図5のようにエンジニアは分りやすく表示されるPIMのソフトウェア部品を自由に配置し，接続することで，実装される機種を意識することなく，PF側で自動的に対象機種へローディングし，部品同士を結合するものである。

図6は3RエンジニアリングのGUIのイメージである。3Rエンジニアリングツール上でライブラリに登録されたテンプレートや部品をドラッグアンドドロップし，部品間を結線し，実行するPCやコントローラへダウンロードすることで目的の機能が実現できる。さらに，部品やテンプレートの内容を修正したい場合は，対象の部品をクリックするだけで部品が生成された対象のプログラミングツールが起動し，ソフトウェアの修正が可能となる。これにより，要件定義ができるエンジニアであれば容易に高度な機能が，簡単に，高品質で実現することができる。

〈注10〉MDA：Object Management Group（OMG）の商標または登録商標

図5　3Rエンジニアリングの考え方

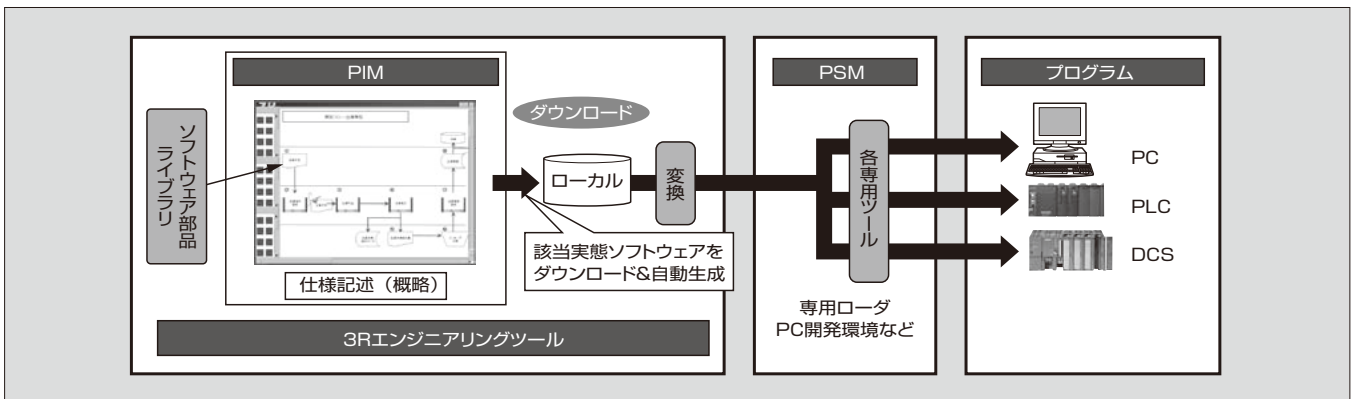
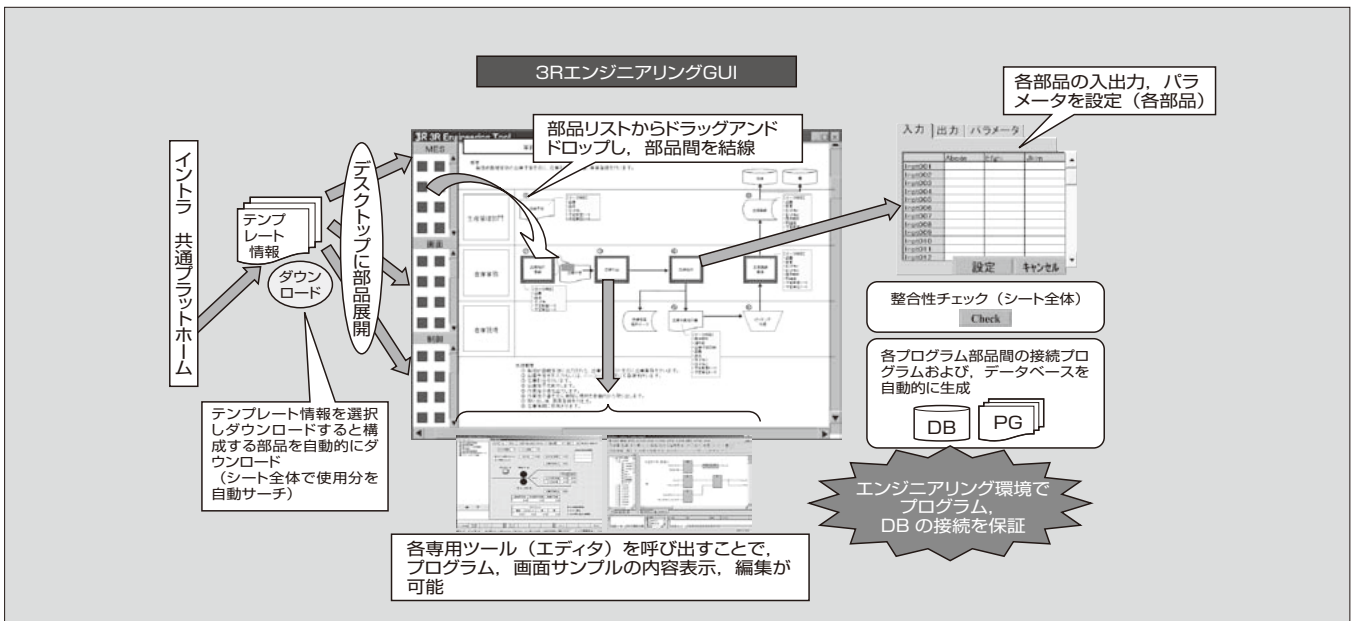



図6　3RエンジニアリングのGUIのイメージ（PIMイメージ）

特集

4. 2　広域分散システムプラットフォームの 3R エンジニアリング

広域分散システム PF は複数業務を実装するため，開発環境として多言語対応が必要である。生産性の向上と高信頼度化を実現するために，従来からのシステム開発フレームワークを原点から見直し，新たなフレームワークの開発に取り組んでいる。このフレームワークを使ったシステムのエンジニアリングの流れを**図 7** に示す。

このフレームワークでは，過去のソフトウェア生産物を MVC（Model View Controller）モデル(4)を使って分類整理し，次の 3 点をライブラリへ登録し再利用できる環境を提供することで，従来とは異なり個人の力量に左右されない開発方式としている。

(a)　共通ソフトウェア部品
(b)　テンプレート（設計書，プログラムなど）
(c)　エンジニアリングツール（**図 8** のプログラム自動生成など）

特に画面のプログラムに関しては，従来は画面の多様さの影響もあり，製作者の経験や力量によりその作り方がバラバラで，その後の追加・改造などが複雑になって品質やコストに影響を与えていた。これを解消するために，**図 8** のプログラム自動生成ツールを提供している。画面の要件定義を元に，画面の仕様を画面定義ルールに従い XML で定義する。この定義とライブラリに分類整理された画面要素ごとのプログラム部品ソースを自動生成エンジンが検索・抽出・組み合わせて，目的仕様の画面プログラムを自動生成する Web 系画面の自動作成ツールである。これにより画面作成の自動化を行うことができ，一度作ったものは何度でも再利用することができるようになった。

流用・再利用するものは提供されるフレームワークで，分野ごとの業界標準的なデータモデルが適用できるため，そのインタフェースが共通化され，ソフトウェア資産の部品化が推進される。

このライブラリとフレームワークにより，実績に裏打ちされた高品質なソフトウェアが再利用できる。必要であればカストマイズを加え，顧客ニーズに柔軟に対応しながら，生産性の向上と高信頼度化が実現できる。

図 7　広域分散システムのエンジニアリングの流れ

図 8　プログラム自動生成

4. 3　3R エンジニアリングのライブラリ

3R エンジニアリングは，部品やテンプレートをライブラリとして登録流用を加速するための PF である。

ライブラリには部品やテンプレートが収納されている。その部品やテンプレートは取扱説明書とともに格納され，ユーザはライブラリの中の部品を使用目的に応じて選択することで，目的とする機能を実現できる。このライブラリには，コントローラ言語と C 言語の部品を自由に選択し，部品をつなぎ合わせることで，部品間の自動接続も実現してくれる。さらに構築した実行環境にダウンロードすることで，機種情報を定義することなく実行できる。

4. 4　エンジニアリング業務フロー支援 BPR ツール

エンジニアリングを遂行する時，エンジニアリングツールだけの提供では品質・業務効率が十分に成果は出せない。制御システム PF では，使用するエンジニアリングユーザに対して，最適な業務フローを支援する BPR ツールを用意し，最適な業務の実現と高品質な業務遂行が実現できる。

4. 5　3R エンジニアリングの効果

3R エンジニアリングは MDA 手法を採用したことで，PIM と PSM により，ビジネスモデルと PF を明確に分離

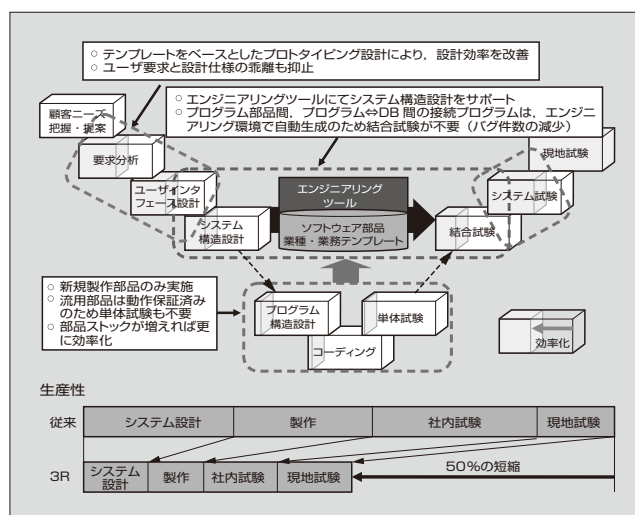
図 9　3R エンジニアリングの効果

できる。さらにPIM上にフレームワークを構築することにより，テクノロジーの変化の依存度を低減し，実行系が変わっても資産が継承できる再利用を維持できる。エンジニアリング方法の統一ができ部品の品質も均一化が図れるので，部品のブラッシュアップで再利用率が向上する。

図9に示すように，3Rエンジニアリングツールが，構造設計をサポートし自動的に部品間を接続してくれることで，プログラム構造設計，コーディング，単体試験が不要となり，高品質設計とリードタイムの短縮が図れる。

3Rエンジニアリングの効果として，顧客の要求にあった以下の効果が発揮できる。

(1)　スケーラブルなシステム提供

顧客の必要な機能を持ったシステムを，過去の実績あるソフトウェア資産を再利用して顧客の要求するスケーラブルなシステムが提供できる。

(2)　安定したシステム品質

再利用するソフトウェア資産は過去の実績があるので，品質は安定している。テンプレートなどの実績あるシステム基盤を使っているため，新規に製作する場合でも，最大50％程度のプログラム量が減るだけでなく，バグ件数も少なくなり十分な品質を確保できる。

(3)　短納期でのシステム稼動

実績あるシステムのベースをテンプレートとして再利用するので，システム開発の設計，製作，試験の期間を短縮し，従来に比較して，システム試験，現地試験工程を除くシステムの開発期間が最大50％程度短縮できる。

(4)　保守の容易さ

常に進化する顧客システムの要求に，その時点で保有している最新のソフトウェアライブラリを有効活用して，タイムリーに品質良く素早く対応することができる。

(5)　資産の継承

実行系が変わっても3Rエンジニアリングの環境の自動変換機能が連続性を維持するので，資産の継承ができる。

(6)　グローバル化への対応

部品化技術を進め，ビジネスパートナーの利用促進を加速するとともに，海外のエンジニアリングパートナーにも部品化されたノウハウが展開できるように，エンジニアリングツールのマルチ言語対応を行う。エンジニアリングツール側で言語テーブルを定義するだけで容易に言語変換されマルチ言語対応ができる。

5　あとがき

富士電機の新しい制御システムプラットフォームについて紹介した。エンジニアリングにおける要件定義は常に不変であるが，要件定義以降はハードウェアやソフトウェア技術の進化とともに最適なものへと変化していく。今後も，技術の進化を取り込んで高品質，高効率なエンジニアリング環境を提供していく所存である。

参考文献

(1)　戸高雄二ほか. 計測制御システムの現状と富士電機の取組み. 富士時報. 2006, vol.79, no.3, p.243-247.

(2)　吉野稔ほか. 生産性・品質向上のためのエンジニアリング支援システム. 富士時報. 2006, vol.79, no.3, p.270-273.

(3)　Stephen, M. et al. Principles of Model Driven Architecture. MDA Distilled. Addison-Wesley Professional. ISBN 0-201-78891-8, 2004.

(4)　中村輝雄. J2EEシステム開発－MVCモデルからWebサービス構築まで. 日経Javaレビュー. 2002.

廣瀬　文彦

計算機制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社オートメーション事業本部エンジニアリングセンター副センター長。情報処理学会会員。

笹谷　俊幸

計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社オートメーション事業本部産業システム統括部ソリューション技術第一部長。計測自動制御学会会員。

森　伸一郎

計算機制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社オートメーション事業本部エンジニアリングセンターＰＭＯ推進部主席。計測自動制御学会会員。